

氏 名（本 籍）	和田 安弘（和歌山県）
学 位 の 種 類	博 士（工学）
学位授与番号	甲 第76号
学位授与日付	平成27年3月25日
専 攻	システム工学専攻
学 位 論 文 題 目	既存浄水施設の改修による水質改善に関する研究
学位論文審査委員	（主査）教 授 平田 健正 （副査）教 授 江種 伸之 教 授 井伊 博行

論文内容の要旨

本研究のテーマである和歌山市水道事業体で行った「最適な水質管理が可能となる浄水システムの構築に関する研究」は、典型的な中規模な水道事業体のケーススタディとして非常に重要である。本研究では、より効率的な水道事業の運営を行うために、原水水質の動向の把握、浄水場の施設改善による水質改善、効率的な水質管理の構築を行った。本論文は11章の構成となっており、第1章から第3章では和歌山市水道事業の概要を説明しており、第4章から第11章では研究結果を詳細に示している。

第4章の内容は、紀の川流域の有機物等(COD)、T-N、T-P濃度特性を評価した。ここでは既存水質モニタリングデータに加えて、現地水質調査と物質負荷量解析を実施した。既存水質モニタリングデータと現地水質調査データによると、中流部においてT-P濃度が1996年から2001年の間に大きく上昇しており、その大きな濃度上昇は流量が $20\text{m}^3/\text{s}$ より少ない時に観測された。また、物質負荷量解析では、1996年から1999年の4年間に産業系T-P排出負荷量が大幅に増えていたことが示された。これらのことは、紀の川中流域のT-P濃度は河川流量と産業系排出負荷の影響を受けて変動しやすいことを示唆している。

第5章の内容は、公称能力 $121,000\text{m}^3/\text{日}$ の和歌山市加納浄水場は浄水pH値が7前後、ランゲリア指数は-1を大きく下回っており、モルタルライニングの中性化や赤水の発生が問題となっていた。このため、炭酸ガスと消石灰の注入設備を2000年度に設置した。その結果、水道管には炭酸カルシウムの被膜が確認され、鉄及び鉛の溶出が抑制され、赤水の発生も激減しただけでなく、原水pHの調整により浄水中アルミニウム濃度もかなり低く保持できている。炭酸ガスはオゾンのスカベンジャーとなるため、オゾンとの併用は困難であると考えられてきたが、炭酸ガスによるオゾン消費は実用上無視できる程度であり、炭酸ガスとオゾンを併用可能と推定された。

第6章の内容は、和歌山市出島浄水場はスラリー循環形高速凝集沈澱池を備え、紀の川の表流水を凝集沈澱・急速ろ過方式で処理している。近年は、原水の低濁度化、水質汚濁および降雨時の濁度上昇による凝集不良が問題となっていた。そのため、2010～2012年度に整備の一環で硫酸および苛性ソーダの薬品注入設備、ならびに沈澱池に傾斜管沈降装置を導入した。これにより、原水水質の状態によらず凝集に最適なpH領域である6.8～7.2に調整できるようになり、適正な凝集剤の注入が可能となった。その結果、沈澱処理水濁度は平均で導入前1.0度から0.4度に改善され、ろ過水濁度0.1度以下を遵守することができた。浄水水質改善への対応として、苛性ソーダを注入することで、pH値については水質管理目標値「7.5程度」を概ね達成したが、ランゲリア指数については数値の改善は見られるものの目標値「-1程度以上」には達していない。

第7章の内容は、和歌山市出島浄水場では発生汚泥の減量化対策として、従来の天日乾燥床に代わる新たな排水処理施設を設置することになった。ただし、この浄水場は概ね10

年で廃止される方針であるため、リースによって排水処理施設（機械脱水）を導入することにした。リースによる排水処理施設は、計画当初は信頼性の面で疑問視されたが、2006年度に実証試験を行い、2007年度からライフサイクルを10年として良好に稼働している。

第8章の内容は、和歌山市滝畑浄水場では、2003年8月の給水開始当初より原水水質由来のトリハロメタンが問題となっていた。そこで、場内配水池での曝気処理によるトリハロメタン濃度の低減効果を検討した。その結果、トリハロメタン濃度は通気量が多いほど指数関数的に減少することが確認できた。一方、曝気処理では浄水中に残存する有機物を除去できないため、配水系統内における濃度の再度上昇が避けられず、給水末端でトリハロメタン濃度を管理することが求められる。そこで、配水系統内におけるトリハロメタン濃度を予測する式を導出した。予測式を用いたモデル解析により、滝畑浄水場の配水系統内では十分安全な給水が可能であることが示された。

第9章の内容は、和歌山市水道局では、2004年度より分析によって得られた水質データを有効に活用して水質検査結果の間違いを最小限にすると共に省力化を図る目的で、測定機器制御用および事務用コンピュータとハードディスクをネットワーク接続し、汎用のアプリケーションソフトである Microsoft Excel 2003 を用いて、新たな水質検査結果データベースシステムを構築した。その結果、検査結果書の作成、データ検索ファイルの作成および水質年報の自動作成が可能となった。また、この水質検査結果データベースシステムを水道局全体で共有できることを可能とした。

第10章の内容は、浄水に使用する次亜塩素酸ナトリウム（以下「次亜塩」）は、貯蔵中に混在する塩素酸の濃度が上昇するための確な塩素酸濃度管理が必要である。しかし、イオンクロマトグラフによる塩素酸の測定は煩雑で時間がかかるため、我々は、塩素酸の測定を必要としない簡便な塩素酸濃度管理方法を案出した。次亜塩の有効塩素濃度、保管温度及び保管期間から塩素酸含有量を算出する計算式を作成した。この式に従い、浄水場の次亜塩保管タンク室温度と保管期間、注入量から、浄水中塩素酸含有量を算出し、実測値と比較した。推定値と実測値はよく一致し、塩素酸濃度を都度測定しなくとも、この計算式を用いれば浄水中の塩素酸濃度を管理できることがわかった。

第11章の内容は、和歌山市水道事業において将来の水需要の低下による収入が減少した際にも、本研究で構築した最適な水質管理が可能となる浄水システムを継続的に実現できるような将来像を提案している。最終的には、真砂および出島浄水場を加納浄水場に統廃合することを想定し、費用削減策および一極集中となるリスク回避策として、加納浄水場の従来の計画である高度処理施設と膜ろ過施設の導入を見送り、急速ろ過池の更新による強靱化を行うこととした。近年の原水水質および浄水水質を分析した結果、現在工事中の凝集沈澱池と排水処理施設の完成、ならびにかび臭連続測定装置およびトリハロメタン計等の水質計器の整備と水質管理の強化により、現在より安全で良質な水質が確保できる。

論文審査の結果の要旨

全国の水道施設は、老朽化や原水水質の悪化への対応と並行して水質基準の強化への対応を迫られている。東京や大阪といった大都市の水道事業体であれば施設の全面的な更新が可能であるが、中小規模の事業体では財政面から容易に更新はできない。本研究は、このような全国の中小水道事業体が抱えている問題の解決を目指し、和歌山市を対象地域として、市水道局で実際に取り組んだ既存施設を活用した水質改善技術の評価を中心に、中小の水道事業体に適した水質管理システムの検討および提案を行っている。得られた成果は、研究対象とした和歌山市の水道事業の今後の指針になることはもちろん、全国の中小水道事業体にも有益な情報を提供しており、土木工学分野(衛生工学)における学術的価値は非常に高く、博士論文の水準にあると判断した。

最終試験の結果の要旨

公聴会（平成 27 年 2 月 4 日）は全審査員、学内外関係者など 20 名程度の出席により開催され、適切な発表と質疑応答がなされた。よって、個別審査、予備審査ならびに公聴会の内容を総合的に判断した結果、最終試験に合格したものと判定した。